

## DE19719133

Publication Title:

Glocke aus Quarzglas und Verfahren für ihre Herstellung

Abstract:

Abstract of DE19719133

The invention relates to a traditional, bell-shaped quartz glass component for a reactor chamber of a plasma etching device. This traditional quartz glass component comprises a substrate body made of a first quartz glass quality, and an inner surface facing a reactor interior. This inner surface has an average surface roughness  $R_a$  of more than 1  $\mu m$  in at least one wrinkle area. The invention seeks to obtain a quartz glass component for a reactor housing which produces, as far as possible, no particles in the reactor chamber; whose interior surface, which faces the reactor interior, demonstrates high adhesion for material coatings deposited thereon; and which is particularly long-lasting. To this end, the wrinkle 1120 area consists of a bubble layer deposited on the substrate body and made of a second quartz glass quality with open pores. The invention also relates to a simple method for producing a quartz glass component of this kind, which enables the reproducible setting of a given surface roughness. The method comprises the following steps: a blank is moulded from a  $SiO_2$ -containing grain mix; the blank is partially or completely vitrified by heating to a temperature over 1000 DEG C; an additional component, which reacts during vitrification on release of a gas, is admixed to the  $SiO_2$ -containing grain mix in a wrinkle area during moulding of the blank interior surface. As a result of this, a porous bubble layer is produced in the wrinkle area during vitrification. Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

-----  
Courtesy of <http://v3.espacenet.com>



㉗ Anmelder:  
Heraeus Quarzglas GmbH, 63450 Hanau, DE

㉘ Vertreter:  
Staudt, A., Dipl.-Ing.Univ., Pat.-Ass., 63674  
Altenstadt

㉙ Erfinder:  
Hellmann, Dietmar, 63589 Linsengericht, DE

㉚ Entgegenhaltungen:  
EP 07 15 342 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉛ Glocke aus Quarzglas und Verfahren für ihre Herstellung

㉜ Es wird von einer bekannten Quarzglas-Glocke für eine Reaktorkammer, insbesondere für die Reaktorkammer einer Plasma-Ätzvorrichtung ausgegangen, deren Innenoberfläche mindestens in einem Abscheidungsbereich eine mittlere Rauhtiefe  $R_a$  von mehr als 1  $\mu\text{m}$  aufweist. Um eine Quarzglas-Glocke für die Reaktorkammer einer Plasma-Ätzvorrichtung anzugeben, die möglichst keine Partikel in der Reaktorkammer erzeugt, und die sich durch hohe Haftfestigkeit für Materialsichten und eine besonders lange Lebensdauer auszeichnet, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, daß im Abscheidungsbereich eine porenhaltige Blasenschicht vorgesehen ist, deren aufgeraute Innenoberfläche offene Poren aufweist. Ein einfaches Verfahren zur Herstellung einer Vorform für eine derartige Quarzglas-Glocke, das die reproduzierbare Einstellung einer vorgegebenen Oberflächenrauigkeit ermöglicht, umfaßt die folgenden Verfahrensschritte: a) Formen eines Rohlings aus  $\text{SiO}_2$ -haltiger Körnung, b) teilweises oder vollständiges Verglasen des Rohlings durch Erhitzen auf eine Temperatur oberhalb von 1000°C, wobei c) der  $\text{SiO}_2$ -haltigen Körnung beim Formen der Innenoberfläche des Rohlings in einem Abscheidungsbereich eine beim Verglasen unter Freisetzung eines Gases reagierende Zusatzkomponente zugemischt wird, und d) durch die Freisetzung des Gases beim Verglasen des Rohlings im Abscheidungsbereich eine porenhaltige Blasenschicht erzeugt wird.

Die Erfindung betrifft eine Quarzglas-Glocke für eine Reaktorkammer, insbesondere für die Reaktorkammer einer Plasma-Ätzvorrichtung, deren Innenoberfläche mindestens in einem Abscheidungsbereich eine mittlere Rauhtiefe  $R_a$  von mehr als 2  $\mu\text{m}$  aufweist. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer Quarzglas-Glocke für eine Reaktorkammer, insbesondere für die Reaktorkammer einer Plasma-Ätzvorrichtung, umfassend die Verfahrensschritte: a) Formen eines Rohlings aus  $\text{SiO}_2$ -haltiger Körnung und b) teilweises oder vollständiges Verglasen des Rohlings durch Erhitzen auf eine Temperatur oberhalb von 1000°C.

Quarzglas-Glocken der angegebenen Gattung werden beispielsweise in Plasma-Ätzvorrichtungen verwendet, die für das Ätzen von Halbleiterscheiben eingesetzt werden. Die Oberfläche von Halbleiterscheiben ist nach einer chemischen Vorreinigung üblicherweise mit dielektrischen Schichten, wie Oxid- oder Nitridschichten, oder elektrisch leitenden Schichten, wie Silizid- oder Polysiliziumschichten, belegt. Zur Herstellung einer freien Siliziumoberfläche werden diese Schichten mittels eines Plasmaprozesses abgetragen. Dabei schlagen sich die abgetragenen Materialien wiederum als Schichten auf den Innenwandungen der Reaktorkammer nieder. Ab einer gewissen Schichtdicke platzen diese Schichten ab und führen so zu Partikelproblemen. Um dies zu verhindern, werden die entsprechenden Oberflächen von Zeit zu Zeit gereinigt. Das Reinigen der Oberflächen ist zeit- und kostenaufwendig. Um den Aufwand zu verringern, sind möglichst lange Zeitintervalle zwischen den Reinigungsschritten erwünscht.

Es ist bekannt, daß aufgeraute Oberflächen dickere Schichten halten können. Zum Aufräumen der Innenoberflächen von Quarzglas-Glocken werden üblicherweise Sandstrahlverfahren eingesetzt. Üblicherweise wird eine mittlere Rauhtiefe von wenigstens 1  $\mu\text{m}$  erwünscht. Der Wert für die mittlere Rauhtiefe  $R_a$  wird entsprechend DIN 4768 ermittelt.

Durch das Sandstrahlen werden auf der Quarzglas-Oberfläche zwar Strukturen erzeugt, die einerseits zu einer festen Haftung von Schichten beitragen, andererseits werden dadurch aber auch von der Oberfläche ausgehende Risse erzeugt, die wiederum zu einem Abblättern der Schichten führen. Dies führt zu Partikelproblemen im Reaktorraum. Darüberhinaus erweist sich eine homogene Bearbeitung der gesamten Innenoberfläche einer Quarzglas-Glocke und die Einhaltung exakter Dimensionen beim Sandstrahlen als problematisch. Durch mehrmaliges Sandstrahlen verändert sich die Rauhtiefe der Innenoberfläche. Dies kann die weitere Brauchbarkeit der Glocke und damit deren Lebensdauer beeinträchtigen.

Für die Herstellung einer Vorform für die Quarzglas-Glocke einer Reaktionskammer kann die Einstreutechnik eingesetzt werden, wie sie für die Herstellung von Tiegeln aus Quarzglas verwendet wird. Ein Verfahren zur Herstellung einer Glocke aus Quarzglas für die Reaktorkammer einer CVD-Beschichtungsanlage ist in der EP-A2 715 342 beschrieben. Zunächst wird in eine metallische Schmelzform kristallines oder amorphes  $\text{SiO}_2$ -Pulver eingefüllt und dieses unter Rotation der Schmelzform um ihre vertikale Achse zu einer körnigen Außenschicht mit einer Schichtdicke von etwa 20 mm geformt. Die Außenschicht wird anschließend mittels eines Lichtbogens von innen erhitzt und aufgeschmolzen bzw. gesintert. Die Innenoberfläche des so hergestellten Quarzglas-Rohlings ist dicht und glatt. Zur Aufräumung ist das oben angegebene Sandstrahlverfahren geeignet. Durch Anschmelzen eines Flansches an die Vorform wird die

## Quarzglas-Glocke fertiggestellt.

Das bekannte Verfahren ist besonders empfindlich in Bezug auf die Homogenität des Temperaturfeldes während des Einstreuens der Körnung und während des Verglasens. Davon hängt die Rauhtiefe der Innenoberfläche nach dem Sandstrahlen ab. Die reproduzierbare Einhaltung der Rauhtiefe erfordert einen hohen Aufwand.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Quarzglas-Glocke für die Reaktorkammer einer Plasma-Ätzvorrichtung anzugeben, die möglichst keine Partikel in der Reaktorkammer erzeugt, und die sich durch hohe Haftfestigkeit für Materialschichten und eine besonders lange Lebensdauer auszeichnet. Weiterhin liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein einfaches Verfahren zur Herstellung einer derartigen Quarzglas-Glocke bereitzustellen, das die reproduzierbare Einstellung einer vorgegebenen Oberflächenrauhtiefe ermöglicht.

Hinsichtlich der Quarzglas-Glocke wird diese Aufgabe ausgehend von der eingangs genannten Glocke erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß im Abscheidungsbereich eine porenhaltige Blasenschicht vorgesehen ist, die offene Poren aufweist.

Der Abscheidungsbereich umfaßt denjenigen Teil der Innenoberfläche der Quarzglas-Glocke, auf dem ein Abscheiden von Materialschichten während des bestimmungsgemäßen Einsatzes der Glocke erwartet wird. Er kann auch die gesamte Innenoberfläche der Quarzglas-Glocke umfassen. Die Blasenschicht umfaßt den ganzen Abscheidungsbereich oder einen Teil davon.

Die offenen Poren im Abscheidungsbereich führen zu einer besonders geeigneten Art der Oberflächenrauhtiefe, im Hinblick auf eine feste Haftung darauf abgeschiedener Materialschichten. Die offenen Poren bilden im Abscheidungsbereich eine Oberflächen-Mikrostruktur, die sich durch eine Vielzahl von Haftstellen und Angriffspunkten für darauf abgeschiedene Schichten auszeichnet. Darüberhinaus trägt die Porenstruktur zu einer günstigen Spannungsverteilung zwischen dem Quarzglas und dem Schichtmaterial bei, indem eine dreidimensionale Verteilung der entstehenden Spannungen gewährleistet wird. Aufgrund der offenen Poren wird eine besonders hohe Haftfestigkeit für Materialschichten erreicht, die es erlaubt, ohne Gefahr von Abplatzungen, ein Abscheiden besonders dicker Materialschichten auf der Innenoberfläche der Quarzglas-Glocke zuzulassen. Die Zeitintervalle für die Reinigung können daher verlängert werden, was die Lebensdauer der Quarzglas-Glocke verlängert.

Dazu trägt auch bei, daß im Abscheidungsbereich eine porenhaltige Blasenschicht vorgesehen ist. Außer den offenen Poren im oberflächennahen Bereich enthält die Blasenschicht auch Poren, die nicht unmittelbar an der Innenoberfläche enden. Diese Poren können geschlossen sein. Durch einen Abtrag oberflächennaher Bereiche der Blasenschicht, beispielsweise während des bestimmungsgemäßen Einsatzes der Quarzglas-Glocke in einer Ätzanlage oder auch beim Entfernen darauf abgeschiedener Materialschichten durch Ätzen oder durch Sandstrahlen, werden diese tieferliegenden Poren zu offenen, unmittelbar an der Oberfläche endenden Poren. Die durch die offene Porosität charakterisierte Oberflächen-Mikrostruktur ändert sich daher auch bei einem Abtrag oberflächennaher Schichten nicht oder nur unwesentlich, solange die Blasenschicht nicht abgetragen ist. Dies trägt zu einer zeitlich konstanten Rauhtiefe der Innenoberfläche und damit zu einer langen Lebensdauer der Quarzglas-Glocke bei. Üblicherweise macht die Blasenschicht nur einen Teil der Wandstärke der Quarzglas-Glocke im Abscheidungsbereich aus.

Vorteilhafterweise beträgt die Dicke der porenhaltigen

Blasenschicht im Bereich von 0,5 mm bis 5 mm, wobei sie in porenfreies oder porenarmes Quarzglas eingebettet ist. Die porenhaltige Blasenschicht zeichnet sich durch eine große spezifische Oberfläche aus. Diese kann relativ leicht abgesputtert werden, so daß die laterale Ausdehnung der Blasenschicht auf das Erforderliche beschränkt wird. Eine Blasenschicht wird dabei nur in demjenigen Bereich der Innenoberfläche vorgesehen, in dem während des Einsatzes der Glocke die stärkste Abscheidung zu erwarten ist. Im übrigen ist die Innenoberfläche porenfrei oder porenarm. Als porenarm wird ein Quarzglas bezeichnet, bei dem die Blasenhäufigkeit maximal 0,003 pro  $\text{cm}^{-3}$  Quarzglas beträgt, wobei Blasen mit einem mittleren Durchmesser von weniger als 10  $\mu\text{m}$  außer Betracht gelassen werden.

Darüberhinaus werden durch die Einbettung der Blasenschicht porenfreies oder porenarmes Quarzglas freie Schichtträger vermieden. Derartige freie Schichtträger könnten die Haftfestigkeit für abgeschiedene Materialschichten vermindern und sie stellen eine Verunreinigungsquelle dar. Die seitlichen Ränder der Blasenschicht können kontinuierlich in Bereiche aus porenfreiem oder porenarmem Quarzglas übergehen.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Quarzglas-Glocke wird die Innenoberfläche in einem Abtragungsbereich aus einer Transparenzschicht aus hochreinem Quarzglas gebildet. Denn in Abhängigkeit von der Stärke und Position eines Plasmas in der Reaktorkammer kann es zu Abtragungen der Innenoberfläche der Quarzglas-Glocke in einem Abtragungsbereich kommen. Aufgrund von im Quarzglas enthaltenen Verunreinigungen kann ein Abtrag zu Verunreinigungen des Reaktorrinnenraumes führen. Gemäß der Erfindung ist im Abtragungsbereich eine Transparenzschicht aus hochreinem Quarzglas vorgesehen. Die Transparenzschicht ist porenfrei und transparent; sie besteht aus vollständig verglastem Quarzglas. Sie zeichnet sich durch eine kleine spezifische Oberfläche aus, was einen Abtrag behindert. Darüberhinaus gewährleistet das hochreine Quarzglas, daß möglichst wenig Verunreinigungen in die Reaktorkammer abgegeben werden. Unter einem hochreinen Quarzglas wird insbesondere ein synthetisch hergestelltes Quarzglas verstanden. Dieses ist relativ teuer; dadurch, daß die Transparenzschicht aber nur einen Teil der Innenoberfläche bildet, können die Herstellungskosten gering gehalten werden.

Dies trifft insbesondere zu, für eine Transparenzschicht mit einer Dicke im Bereich von 0,5 mm bis 5 mm, die in Quarzglas geringerer Reinheit eingebettet ist. Die Transparenzschicht bedeckt Quarzglas geringerer Reinheit und gleichzeitig geht sie an ihren Rändern in Bereiche aus Quarzglas geringerer Reinheit über. Freie Ränder und die damit einhergehenden Nachteile, wie sie weiter oben erläutert sind, werden vermieden.

Ein besonderer Vorteil der erfindungsgemäßen Quarzglas-Glocke besteht darin, daß unterschiedlich beanspruchte Bereiche der Innenoberfläche, nämlich der Abscheidungsbereich einerseits und der Abtragungsbereich andererseits, in ihren chemischen oder morphologischen Eigenschaften an die jeweiligen Beanspruchungen angepaßt sind.

Als besonders vorteilhaft hat es sich erwiesen, die Blasenschicht auf einem Substratkörper aus opakem Quarzglas auszubilden. Der Substratkörper weist üblicherweise Glockenform auf. Der opake Substratkörper kann einfach durch Wärmestrahlung auf höherer Temperatur gehalten werden, da opakes Quarzglas Wärmestrahlung in gewissem Maße absorbiert. Ein Halten auf höherer Temperatur ist beispielsweise dann vorteilhaft, wenn durch Aufheizen und Abkühlen des Quarzglasglocke Partikel gebildet oder gelöst würden.

Hinsichtlich des Verfahrens wird die oben angegebene Aufgabe ausgehend von den eingangs erläuterten Verfahrensschritten a) und b) erfindungsgemäß dadurch gelöst, c) daß beim Formen der Innenoberfläche des Rohlings in einem Abscheidungsbereich eine beim Verglasen unter Freisetzung eines Gases reagierende Zusatzkomponente eingesetzt wird, und d) daß durch die Freisetzung des Gases beim Verglasen des Rohlings im Abscheidungsbereich eine porenhaltige Blasenschicht erzeugt wird.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird der  $\text{SiO}_2$ -haltigen Körnung beim Formen der Innenoberfläche des Rohlings im Abscheidungsbereich eine Zusatzkomponente zugegeben, die beim Verglasen der Körnung unter Bildung der Blasenschicht Gase erzeugt. Durch das Verfahren wird die Innenoberfläche im Abscheidungsbereich gezielt verändert. Dicke und Ausdehnung der Blasenschicht werden durch die Menge und die lokale Verteilung der Zusatzkomponente bestimmt. Es ist üblicherweise nicht erwünscht, daß die Blasenschicht über die gesamte Wandstärke der fertigen Glocke reicht.

Die gezielte lokale Verteilung der Zusatzkomponente bei der sogenannten Einstreutechnik stellt für den Fachmann kein Problem dar. Üblicherweise wird hierzu die mit der Zusatzkomponente versehene  $\text{SiO}_2$ -Körnung beim Einstreuen in die Form mittels eines Lichtbogens erweicht und gleichzeitig aufgrund der vom Lichtbogen erzeugten Gasströmung in Richtung auf die Innenwand der Form geschleudert, wo sie dann haften bleibt.

Die Art und Weise der Zugabe der Zusatzkomponente zu der  $\text{SiO}_2$ -Körnung spielt für die Erfindung keine Rolle. Sie kann beispielsweise zugemischt oder zudosiert werden. Es ist auch möglich, mit der Zusatzkomponente getränkte oder beschichtete  $\text{SiO}_2$ -Körnung einzusetzen. Wesentlich ist, daß die Zusatzkomponente bei den üblichen Verglasungstemperaturen, die zwischen 1500°C und 2000°C liegen, Gas abgibt. Das Gas kann sich beispielsweise aufgrund Zersetzung der Zusatzkomponente oder durch chemische Reaktion bilden. Durch die Gasbildung wird die beim Verglasen weiche Innenoberfläche im Abscheidungsbereich blasig.

Das Ausmaß der Blasigkeit hängt von der freigesetzten Gasmenge und von der Viskosität des Quarzglases beim Verglasen ab. Sie läßt sich durch die Art und Menge der Zusatzkomponente und durch die Verglasungstemperatur reproduzierbar einstellen. Da die Blasigkeit der Blasenschicht die spätere Rauigkeit der Innenoberfläche im Abscheidungsbereich wesentlich bestimmt, läßt sich auch diese leicht reproduzierbar einstellen und einhalten.

Nach dem Verglasen der Innenoberfläche kann die Oberfläche der Blasenschicht glatt sein. Das heißt, sie weist geschlossene, aber keine oder nur wenig offene Poren auf. Eine weitere Bearbeitung der Innenoberfläche mit dem Ziel, den Abscheidungsbereich aufzurauen ist aber nicht unbedingt erforderlich. Denn beim späteren Einsatz der Quarzglas-Glocke wird die Innenoberfläche häufig zwangsläufig abgetragen, sei es bei der Reinigung der Glocke oder während ihres bestimmungsgemäßen Einsatzes, wodurch geschlossene Poren der Blasenschicht geöffnet werden und sich die gewünschte Oberflächenrauigkeit einstellt. Eine geschlossene, glatte Blasenschicht hat den Vorteil, daß sie nicht so leicht verunreinigt wird, beispielsweise beim Transport der Glocke bzw. der Vorform dafür, und sich auch leichter reinigen läßt.

Üblicherweise wird die gewünschte Oberflächenrauigkeit bereits werkseitig hergestellt. Gegebenenfalls werden zum Aufrauen oberflächennahe Poren der Blasenschicht geöffnet. Zum Öffnen der Poren wird die Blasenschicht oberflächlich abgetragen. Hierfür sind die bekannten Maß-

nahmen, wie Schleifen, Sandstrahlen oder Ätzen geeignet. Die Rauigkeit der Oberfläche hängt danach in erster Linie von Porenverteilung und der Porengröße ab. Diese ergibt sich aufgrund der Blasigkeit der Blasenschicht, die, wie oben dargelegt, nach Bedarf und reproduzierbar eingestellt werden kann. Die dabei abzutragende Schichtdicke ist gering, so daß, insbesondere beim Öffnen der Poren durch Ätzen, die dadurch erzeugte Rauigkeit der Innenoberfläche im Abscheidungsbereich nicht mit einer Schädigung der Innenoberfläche einhergeht. Es wird eine raue, aber unbeschädigte Innenoberfläche mit großem Haftvermögen erzeugt, die nicht zu Partikelproblemen beiträgt. Die eingangs beschriebenen Nachteile der sandgestrahlten Innenoberfläche werden dadurch vermieden.

Besonders bevorzugt wird aber eine Verfahrensweise, bei der das Öffnen der Poren durch Ätzen erfolgt. Beschädigungen der Innenoberfläche werden dabei vermieden.

Alternativ dazu kann das Öffnen der Poren aber auch vorteilhaft durch Sandstrahlen erfolgen, wobei Quarzglaskörnung eingesetzt wird. Quarzglaskörnung ist im Vergleich zu den üblicherweise verwendeten Sandstrahl-Körnungen, wie beispielsweise SiC, relativ weich. Daher wird die Innenoberfläche nur wenig in Mitleidenschaft gezogen. Die Verwendung der weicheren Körnung wird ermöglicht, weil mit dem Sandstrahlen nicht die Rauigkeit der Oberfläche erzeugt werden soll, was einen relativ starken Abtrag erfordern würde, sondern lediglich die Poren der Blasenschicht geöffnet werden, wozu ein geringer Abtrag ausreicht.

Als besonders vorteilhaft hat sich der Einsatz von  $\text{Si}_3\text{N}_4$  als Zusatzkomponente erwiesen.  $\text{Si}_3\text{N}_4$  ist beim Verglasen der  $\text{SiO}_2$ -Körnung in sauerstoffhaltiger Atmosphäre unter Bildung stickstoffhaltiger Gase und  $\text{SiO}_2$  oxidierbar. Halbleitergifte, die die Brauchbarkeit der Quarzglas-Glocke einschränken würden, entstehen dabei nicht. Auch das im Quarzglas enthaltene  $\text{Si}_3\text{N}_4$  selbst ist in dieser Hinsicht unbedenklich.

Bei einer besonders bevorzugten Verfahrensweise wird beim Formen der Innenoberfläche des Rohlings nach Verfahrensschritt a) in einem Abtragungsbereich hochreine  $\text{SiO}_2$ -Körnung eingesetzt, die beim Verglasen nach Verfahrensschritt b) zu einer Transparenzschicht verglast wird. Betreffend die Wirkung und Anordnung des Abtragungsbereiches wird auf die obenstehenden Erläuterungen verwiesen.

Hochreine Quarzglas-Körnung wird nur im Abtragungsbereich eingesetzt; im übrigen kann preiswertere Körnung verwendet werden. Unter einer hochreinen  $\text{SiO}_2$ -Körnung wird insbesondere eine Körnung aus synthetisch hergestelltem  $\text{SiO}_2$  verstanden.

Durch Ausbilden eines Flansches und gegebenenfalls durch Aufrauen im Abscheidungsbereich wird die Quarzglas-Glocke fertiggestellt. Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt es somit, verschiedene Bereiche der Innenoberfläche der Quarzglas-Glocke hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung und ihrer Morphologie unterschiedlich zu gestalten und im Hinblick auf die jeweiligen Beanspruchungen und Funktionen zu optimieren.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen und einer Patentzeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen im einzelnen:

Fig. 1 einen Querschnitt einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Quarzglas-Glocke in schematischer Darstellung

Fig. 2 ebenfalls in schematischer Darstellung eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Quarzglas-Glocke anhand eines Ausschnittes, und

Fig. 3 eine rasterelektronenmikroskopische Aufnahme einer Blasenschicht.

In Fig. 1 ist eine erfindungsgemäße Quarzglas-Glocke

aus einem kuppelförmigen Basiskörper 1 dargestellt, wobei die Kuppeldecke mit der Bezugsziffer 2 und die Seitenwand mit der Bezugsziffer 3 gekennzeichnet ist. Der Übergang zwischen Kuppeldecke 2 und Seitenwand 3 ist fließend. Der freie Rand des Basiskörpers 1 ist mit einem Flansch 4 versehen. Basiskörper 1 und Flansch 4 bestehen aus opakem Quarzglas, das aus natürlich vorkommenden Quarzrohstoffen erschmolzen ist.

Die Innenoberfläche des Basiskörpers 1 wird von einer porenhaltigen Schicht, die im folgenden als HMBL-Schicht 5 (high micro bubble layer) bezeichnet wird, und von einer transparenten Quarzglasschicht 6 gebildet. Die HMBL-Schicht 5 bedeckt die gesamte Kuppeldecke 2 und auch den größten Teil der Seitenwand 3. Im unteren Teil der Seitenwand 3 geht die HMBL-Schicht 5 in die Quarzglasschicht 6 über. Beide Schichten 5; 6 sind ca. 4 mm dick.

Die Oberflächenstruktur der HMBL-Schicht 5 ist aus der rasterelektronenmikroskopischen Aufnahme von Fig. 3 ersichtlich. Die HMBL-Schicht 5 enthält eine Vielzahl von offenen Mikroporen 31 mit einem Porendurchmesser von weniger als 100 µm. Der Mittelwert liegt bei ca. 50 µm. Die Häufigkeit pro Flächeneinheit von relativ großen offenen Mikroporen 31 mit einem Durchmesser von ca. 10 µm und mehr liegt bei ca. 50 pro mm<sup>2</sup>. Die Mikroporen 31 bilden Haftpunkte für darauf abgeschiedene Materialsichten und sie tragen zur Rauigkeit der Innenoberfläche bei. Zusätzlich ist die in Fig. 3 dargestellte Oberfläche durch Sandstrahlen unter Verwendung von Quarzglaskörnung aufgeraut und anschließend zum Entfernen anhaftender Partikel kurz geätzt worden. Der Wert für die mittlere Oberflächenrauigkeit  $R_a$ , gemessen nach DIN 4768, beträgt 11 µm.

Die Oberfläche gewährleistet eine feste Haftung von darauf abgeschiedenen Schichten. Partikelprobleme aufgrund geschädigter oberflächennaher Schichten wurden nicht beobachtet. Mit der dargestellten Oberflächenstruktur wurde eine Steigerung der abscheidbaren Schichtdicke um 40% erreicht. Konkret konnte eine feste Haftung 180 µm dicker Materialsichten erreicht werden, während bisher die maximale Schichtdicke bei ca. 125 µm lag.

Auf der HMBL-Schicht 5 haften Materialsichten somit sehr gut. Da sich die HMBL-Schicht 5 bei der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform, abgesehen vom unteren Teil der Seitenwand, über die gesamte Innenoberfläche der Glocke erstreckt, ist die dargestellte Quarzglas-Glocke besonders gut für solche Anwendungen geeignet, bei denen es zu Abscheidungen von Materialsichten im gesamten Innenraum der Reaktionskammer kommt. Dies ist beispielsweise bei CVD-Beschichtungsanlagen der Fall.

Die schematischen Darstellung von Fig. 2 zeigt eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Quarzglas-Glocke in einer Seitenansicht. Die Quarzglas-Glocke ist rotationssymmetrisch, wobei in Fig. 2 nur der Ausschnitt bis zur Rotationsachse dargestellt ist.

Der Basiskörper 7 weist eine Seitenwand 8 auf, die in eine Kuppeldecke 9 übergeht. Der freie Rand des Basiskörpers 7 ist mit einem Flansch 10 versehen, dessen Innendurchmesser ca. 40 cm beträgt. Basiskörper 7 und Flansch 10 bestehen aus opakem Quarzglas, das aus natürlich vorkommenden Quarzrohstoffen erschmolzen ist.

Die Innenseite des Basiskörpers 7 ist im Bereich der Kuppeldecke 9 mit einer HMBL-Schicht 11 versehen, die eine Dicke von ca. 2 mm und – bei einer Projektion auf die Flanschebene 15 – einen Durchmesser von ca. 30 cm aufweist. Die Morphologie der HMBL-Schicht 11 entspricht der in Fig. 3 gezeigten Oberflächenstruktur.

Die HMBL-Schicht 11 ist umgeben von einer in der Projektion auf die Flanschebene 15 ringförmigen Schicht, die nachfolgend als TH-Schicht 13 bezeichnet wird. Die TH-

Schicht 13 besteht aus hochreinem, synthetischem, transparentem Quarzglas und sie weist eine Schichtdicke von ebenfalls etwa 2 mm auf. Die Breite der TH-Schicht beträgt etwa 10 cm.

Die TH-Schicht 13 geht wiederum in eine weitere Quarzglas-Schicht 14 über, die sich von der TH-Schicht 13 bis zum unteren Rand der Quarzglas-Glocke erstreckt.

Bei der in Fig. 2 dargestellten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Quarzglas-Glocke überdeckt die HMBL-Schicht 11 einen Abscheidungsbereich, in dem während des bestimmungsgemäßen Einsatzes der Glocke Materialabscheidungen erwartet werden. Die TH-Schicht 13 hingegen überdeckt einen Abtragungsbereich der Quarzglas-Glocke, in dem während der Einsatzes Wandmaterial der Glocke abgetragen wird. Da die TH-Schicht 13 aus hochreinem, synthetischem Quarzglas besteht, sind derartige Abtragungen im Hinblick auf Verunreinigungen des Reaktorraumes unkritisch.

Die in Fig. 2 dargestellte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Quarzglas-Glocke ist daher besonders gut für solche Anwendungen geeignet, bei denen es gleichzeitig zu Abscheidungen von Materialschichten in einem Abscheidungsbereich, und zu Abtragungen in einem, räumlich davon getrennten Abtragungsbereich der Quarzglas-Glocke kommt. Dies ist beispielsweise bei Plasma-Ätzanlagen für die Reinigung von Halbleiterscheiben der Fall.

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel für ein Verfahren zur Herstellung der in Fig. 2 dargestellten Quarzglas-Glocke beschrieben:

Es wird eine Vorform für die Quarzglas-Glocke mittels der bekannten Einstreutechnik hergestellt. Hierzu wird zunächst in eine metallische Schmelzform Quarzsand eingefüllt und dieses unter Rotation der Schmelzform um ihre vertikale Achse zu einer körnigen Außenschicht mit einer Schichtdicke von etwa 20 mm geformt. Die so hergestellte Außenschicht wird anschließend mittels eines Lichtbogens von innen erhitzt und dabei zu opakem Quarzglas gesintert.

Beim Sintern der Außenschicht im Bereich der Kuppeldecke 9 wird in die Schmelzform Quarzsand eingestreut, dem 0,08 Gew.-%  $\text{Si}_3\text{N}_4$  beigemischt sind. Durch die vom Lichtbogen erzeugte Gasströmung wird das Pulvergemisch in Richtung der Kuppeldecke 9 geschleudert und schmilzt dabei unter Bildung der HMBL-Schicht 11 auf. Durch die Reaktion von  $\text{Si}_3\text{N}_4$  mit Sauerstoff und der damit einhergehenden Freisetzung von Gasen bilden sich gleichzeitig die Mikroporen in der HMBL-Schicht 11 aus.

Anschließend wird anstelle des Quarzsandes  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -freie, hoch reine, synthetische Quarzglas-Körnung eingestreut, wobei der Lichtbogen langsam aus der Schmelzform nach oben herausgezogen wird. Dabei bildet sich die transparente TH-Schicht 12 im Abtragungsbereich der Seitenwand 8 entsprechend dem oben erläuterten Verfahren.

Sobald der Lichtbogen in den Randbereich der Außenform gelangt, wird anstelle der hochreinen synthetische Quarzglas-Körnung wieder Quarzsand eingestreut, aus der die Quarzglas-Schicht 14 entsprechend gebildet wird.

Nach dem Abkühlen der so hergestellten Vorform wird der Abscheidungsbereich um die HMBL-Schicht 11 durch Sandstrahlen weiter aufgeraut und durch kurzes Ätzen gereinigt, wobei die in Fig. 3 gezeigte Oberflächenstruktur mit offenen Mikroporen erzeugt werden. Zum Sandstrahlen wird relativ weiche Quarzglas-Körnung eingesetzt, die die Oberfläche nur wenig beeinträchtigt. Zur Fertigstellung der Quarzglas-Glocke wird anschließend noch der Flansch 10 angeschmolzen.

## Patentansprüche

1. Quarzglas-Glocke für eine Reaktorkammer, insbesondere für die Reaktorkammer einer Plasma-Ätzeinrichtung, deren Innenoberfläche mindestens in einem Abscheidungsbereich eine mittlere Rauhtiefe  $R_a$  von mehr als  $1 \mu\text{m}$  aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß im Abscheidungsbereich eine porenhaltige Blasen-schicht (5; 11) vorgesehen ist, die offene Poren (31) aufweist.
2. Quarzglas-Glocke nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der porenhaltigen Blasen-schicht (5; 11) im Bereich von 0,5 mm bis 5 mm liegt, wobei sie in porenfreies oder porenarmes Quarzglas eingebettet ist.
3. Quarzglas-Glocke nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenoberfläche in einem Abtragungsbereich von einer Transparentsicht (13) aus hoch reinem Quarzglas gebildet wird.
4. Quarzglasglocke nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Transparentsicht (13) in Quarzglas geringerer Reinheit eingebettet ist.
5. Quarzglasglocke nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Blasen-schicht (5; 11) auf einem Substratkörper aus opakem Quarzglas ausgebildet ist.
6. Verfahren zur Herstellung einer Vorform für eine Quarzglas-Glocke für eine Reaktorkammer, insbesondere der Reaktorkammer eines Plasma-Reaktors, umfassend die folgenden Verfahrensschritte:
  - a) Formen eines Rohlings aus  $\text{SiO}_2$ -haltiger Körnung,
  - b) teilweises oder vollständiges Verglasen des Rohlings durch Erhitzen auf eine Temperatur oberhalb von  $1000^\circ\text{C}$ ,
 dadurch gekennzeichnet,
  - c) daß beim Formen der Innenoberfläche des Rohlings in einem Abscheidungsbereich eine beim Verglasen unter Freisetzung eines Gases reagierende Zusatzkomponente eingesetzt wird, und
  - d) daß durch die Freisetzung des Gases beim Verglasen des Rohlings im Abscheidungsbereich eine porenhaltige Blasen-schicht (5; 11) erzeugt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Rohling im Abscheidungsbereich aufgeraut wird, wobei oberflächennahe Poren (31) der Blasen-schicht (5; 11) geöffnet werden.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Öffnen der Poren (31) durch Ätzen erfolgt.
9. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Öffnen der Poren (31) durch Sandstrahlen unter Verwendung einer Quarzglaskörnung erfolgt.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß als Zusatzkomponente  $\text{Si}_3\text{N}_4$  eingesetzt wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß beim Formen der Innenoberfläche des Rohlings nach Verfahrensschritt a) in einem Abtragungsbereich hochreine  $\text{SiO}_2$ -Körnung eingesetzt wird, die beim Verglasen nach Verfahrensschritt b) zu einer Transparentsicht (13) verglast wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß hochreine Körnung aus synthetisch her-

gestelltem  $\text{SiO}_2$  eingesetzt wird.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

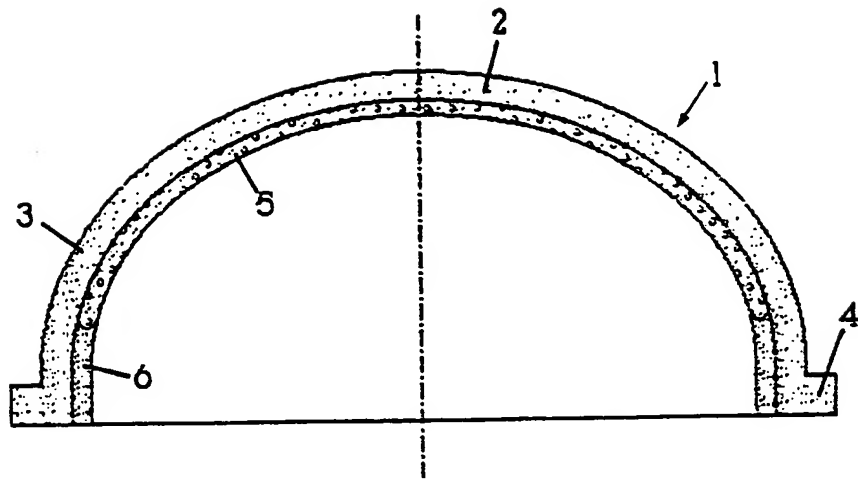


Fig. 1

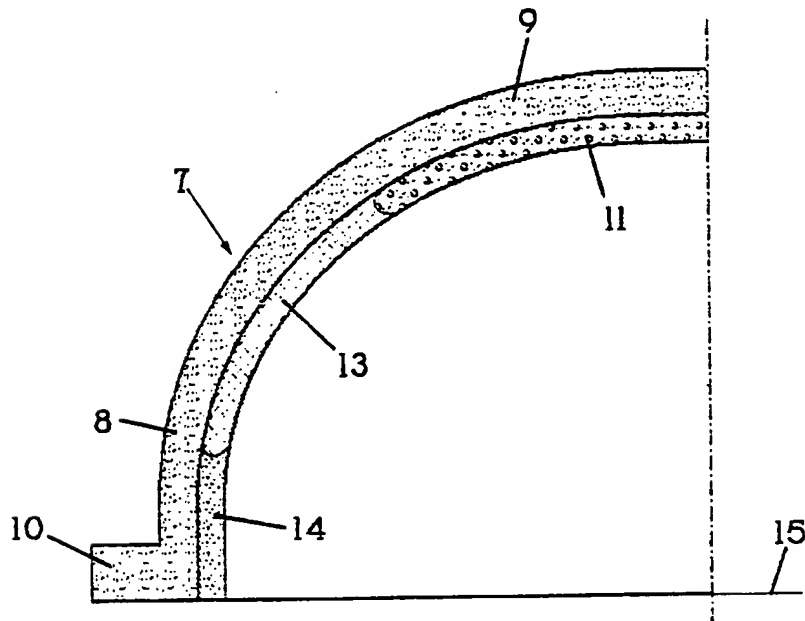


Fig. 2



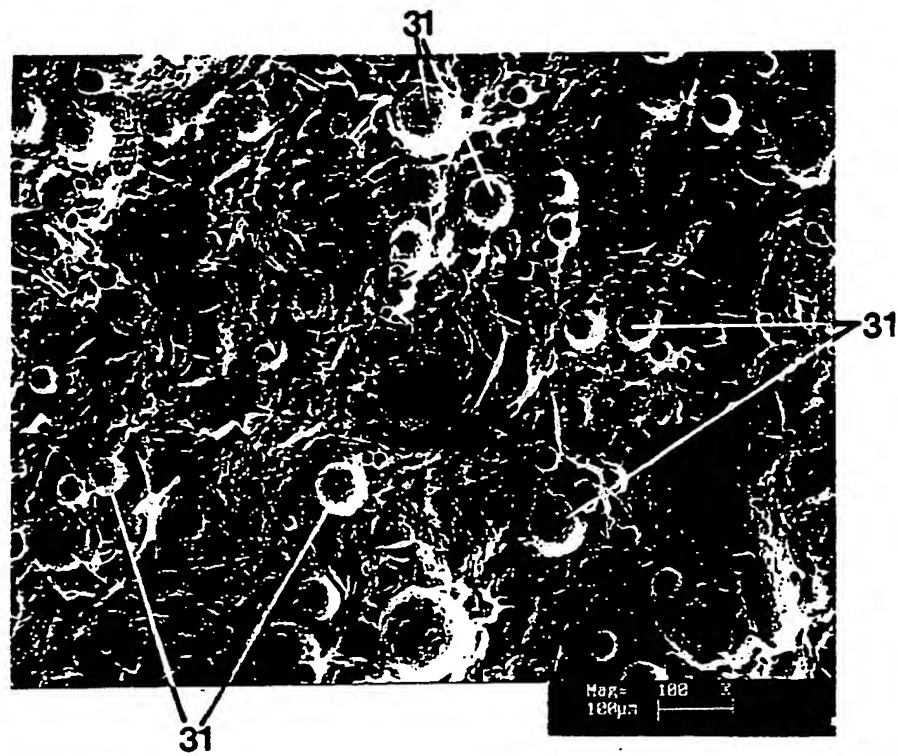


Fig. 3